(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 995 674 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.07.2020 Patentblatt 2020/29

(51) Int Cl.:
C10M 173/02 *(2006.01)* ***C10M 103/06*** *(2006.01)*
C23C 22/53 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **14184415.9**

(22) Anmeldetag: **11.09.2014**

(54) **Verwendung eines Sulfats sowie Verfahren zum Herstellen eines Stahlbauteils durch Umformen in einer Umformmaschine**

Use of a sulfate and a process for the production of a steel component by forming in a machine

Utilisation d'un sulfate et procede pour la production d'un élément en acier par formage dans une machine de formage

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.03.2016 Patentblatt 2016/11

(73) Patentinhaber:
- **thyssenkrupp AG**
  45143 Essen (DE)
- **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
  47166 Duisburg (DE)

(72) Erfinder:
- **Lostak, Thomas**
  46147 Oberhausen (DE)
- **Timma, Christian**
  47228 Duisburg (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patent- & Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
GB-A- 166 949
GB-A- 739 313
US-A- 4 168 241
US-A1- 2004 255 818
US-B1- 6 194 357

- **DATABASE WPI Week 198633 Thomson Scientific, London, GB; AN 1986-217980 XP002736455, & SU 1 204 283 A (BOLYCHEV V S) 15. Januar 1986 (1986-01-15)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 995 674 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Verwendung einer wässrigen Lösung, die ein Sulfat aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat" enthält.

[0002] Ebenso betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils durch Umformen eines Stahlflachprodukts in einer Umformmaschine.

[0003] Für das Umformen zu einem Bauteil wird das jeweils umzuformende Stahlflachprodukt in eine Umformmaschine eingelegt und anschließend von der Maschine zu dem jeweiligen Bauteil geformt. Die Umformung kann dabei als Kaltumformung, also als Umformung bei unterhalb der Rekristallisationstemperatur des jeweiligen Stahls der Stahlflachprodukte liegenden Temperaturen, oder als Warmumformung, also als Umformung bei Arbeitstemperaturen, die oberhalb der Rekristallisationstemperatur liegen, durchgeführt werden.

[0004] Ein typisches Beispiel für einen solchen Umformvorgang ist das Tiefziehen, bei dem das umzuformende Stahlflachprodukt mittels eines Stempels in eine Matrize gepresst wird. Die Form von Matrize und Stempel bestimmen hier die Form, die das Stahlflachprodukt durch den Umformvorgang erhält.

[0005] Bei jedem Umformvorgang kommt es zu Relativbewegungen zwischen dem jeweils für die Formgebung eingesetzten Umformwerkzeug und dem umzuformenden Produkt. Gleichzeitig besteht Kontakt zwischen den Oberflächen des Produkts und den ihnen zugeordneten Flächen des Umformwerkzeugs. Das dabei zwischen dem Werkzeug und dem umzuformenden Produkt entstehende tribologische System wird durch die Materialeigenschaften des umzuformenden Produkts und des Werkzeugs sowie durch die zwischen dem umzuformenden Produkt und dem Werkzeug vorhandenen Medien bestimmt. Infolge der Relativbewegung zwischen dem Umformwerkzeug und dem das Umformwerkzeug berührenden umzuformenden Produkt entsteht Reibung.

[0006] Diese Reibung kann insbesondere bei der Umformung von Stahlflachprodukten lokal sehr unterschiedlich sein, weil der Werkstoff des Stahlflachprodukts im Zuge der Umformung abschnittsweise unterschiedlich verformt wird und somit das Material des Stahlflachprodukts bei der Verformung lokal ebenso unterschiedlich stark fließt. Es liegen daher gerade bei der Herstellung von komplex geformten Bauteilen durch Tiefziehen oder vergleichbare Kaltumformvorgänge, bei denen in der Regel große Umformgrade erzielt und komplexe Formen abgebildet werden, dynamisch sich ändernde Reibungszustände vor, bei denen Haft- und Gleitreibung abwechselnd auftreten können.

[0007] Die insbesondere bei der Kaltumformung auftretenden Reibkräfte können so hoch sein, dass sie den kontinuierlichen Ablauf des Formgebungsvorgangs stören und eine fehlerhafte Abformung des jeweils zu formenden Bauteils verursachen können. Gleichzeitig bedingt die unvermeidbar auftretende Reibung einen erheblichen Werkzeugverschleiß.

[0008] Besonders kritisch erweisen sich in diesem Zusammenhang Stahlflachprodukte, bei denen auf das eigentliche Stahlflachprodukt eine vor Korrosion oder anderen Umwelteinflüssen schützende Schutzbeschichtung auf Zink- oder Aluminiumbasis aufgetragen ist.

[0009] Um die durch Reibung ausgelösten negativen Effekte bei der Umformung zu mindern, werden in der Praxis die miteinander beim Umformvorgang in Kontakt kommenden Flächen mit Schmierstoffen belegt. Durch den Einsatz geeigneter Beschichtungsmittel lassen sich die Umformwerkzeuge schützen und so die Werkzeugstandzeiten wesentlich erhöhen. Der Schmierstoff kann dazu sowohl auf das umzuformende Stahlflachprodukt als auch auf die Flächen des Werkzeugs aufgetragen werden, die mit dem Stahlflachprodukt in Kontakt kommen.

[0010] Üblicherweise werden als Schmierstoffe für das Kaltumformen Schmiermittel auf Basis von Mineralöl verwendet, denen zur Optimierung ihrer Schmierwirkung verschiedene Additive, wie schwefelhaltige, phosphorhaltige oder chlorhaltige Zuschlagsstoffe, zugegeben werden können. Eine detaillierte Erläuterung der Tribologie in der Umformtechnik findet sich in Kapitel 2.8 von Band 4 "Umformen" des Kompendiums "Fertigungsverfahren" von Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke, Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Wilfried König, 5. Aufl., 2006, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[0011] Beispiele für Beschichtungsmittel für die Kaltumformung, die auf Mineralöl oder ähnlichen Kohlenwasserstoffen basieren, sind in der DE 101 15 696 A1 beschrieben. Zu diesen Beschichtungsmitteln zählen Schmiermittel auf paraffinischer oder naphthenischer Basis oder Esteröle auf pflanzlicher oder tierischer Basis.

[0012] In der DE 10 2008 016 348 A1 ist des Weiteren ein zum Auftrag auf das jeweils umzuformende Stahlflachprodukt vorgesehener Gleitlack auf Basis von Graphit in Mineralöl beschrieben. Dieser Gleitlack soll bei hohen Verarbeitungstemperaturen ein gutes Gleiten des Metalls zwischen den Verarbeitungswerkzeugen gewährleisten.

[0013] Aus der DE 100 07 625 A1 sind Beschichtungsmittel auf Basis von Kohlensäureestern bekannt. Die Beschichtungsmittel enthalten eine oder mehrere Komponenten, die aus der Gruppe der Mono- und/oder Diestern von Mono- oder Oligophosphorsäuren, Triglyceriden und Fettsäuremethylestern ausgewählt sind. Diese Komponenten sollen vor allem als Ersatz für Kohlenwasserstoffe des Mineralöls oder anderen Petroleumdestillaten dienen.

[0014] In der DE 699 06 555 T1 ist ein Verfahren zur Aufbringung einer Schicht aus Zinkhydroxysulfat auf verzinktes Stahlblech beschrieben. Die Schicht wird als Lösung auf das Stahlflachprodukt aufgebracht, deren pH-Wert größer oder gleich 12, jedoch kleiner als 13 ist. Die Lösung wird durch anodische Polarisierung der Oberfläche auf die verzinkte Oberfläche des Stahlflachprodukts aufgebracht. Die so erzeugte Schicht besteht aus Zinkhydroxysulfat, auch "basisches

Zinksulfat" genannt.

[0015] Aus der US 2004/255818 A1 ist neben dem voranstehend erläuterten Stand der Technik auch noch eine wässrige Lösung zur Behandlung der Oberfläche eines Eisenmetallprodukts bekannt, die Aluminiumsulfat, Borsäure oder einen Borsäure-Precursor und Polycarbonsäure oder ein Salz enthält. Die bei erhöhter Temperatur und niedrigem pH-Wert aufgetragene Beschichtung soll das Gleitverhalten des Produkts beim Drahtziehen erleichtern.

[0016] Aus der GB 739 313 A ist zudem eine Lösung bekannt, die Oxalsäure, Fluorborsäure oder ein Salz davon und ein Oxidationsmittel enthält. Der pH-Wert der Lösung kann von 0,7 - 2,0 variieren. Das Oxidationsmittel kann Natriumchlorat und ein lösliches Salz eines mehrwertigen Metalls sein, das weniger edel ist als Eisen. Hierbei kann es sich beispielsweise um ein Aluminiumsulfat handeln. Eine aus dieser Lösung gebildete Beschichtung kann als Schmiermittel für die plastische Verformung von Stahlflachprodukten dienen oder in Kombination mit Ölen verwendet werden, um die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

[0017] Aus der US 4,168,241 A ist des Weiteren ein Schmiermittel für die spanlose Metallumformung bekannt, das mindestens 5 Gew.-% von mindestens einem pulverförmigen Sulfat, welches aus der Gruppe "Calciumsulfat und Bariumsulfat" ausgewählt ist und eine mittlere Teilchengröße von $\leq$ 100 μm aufweist und mindestens ein herkömmliches Schmiermittel enthält, das aus der Gruppe "anorganische Festschmiermittel, organische Festschmierstoffe und organische Flüssigschmiermittel" ausgewählt ist. Zusätzlich kann das Schmiermittel Stearinsäure enthalten.

[0018] Aus der US 6,194,357 B1 ist ein Schmiermittel auf Wasserbasis bekannt, das ein wasserlösliches anorganisches Salz, ein homogen dispergiertes festes Schmiermittel, mindestens eine homogen emulgierte Substanz, ausgewählt aus "Mineralölen, tierischen und pflanzlichen Ölen und Fetten, synthetischen Ölen", ein Tensid und Wasser enthält, wobei für die Gewichtsverhältnisse der einzelnen Bestandteile bestimmte Anforderungen gelten. Das Schmiermittel soll insbesondere für die Verwendung bei der Kaltverformung von Metallen geeignet sein.

[0019] Aus der SU 1204283 A ist eine wässrige Beschichtungslösung bekannt, die als Beschichtung von Blechen für das Pressen und Stanzen geeignet sein soll und 10 - 21 Gew.-% NaCl sowie 10 - 21 Gew.-% $FeSO_4$ enthält.

[0020] Schließlich ist aus der GB 166 949 A bekannt, dass anhaftende schwarze Oxide (Fe_3O_4) an Schmiedeteilen aus Eisenmetall verhindert werden können, indem die rot glühenden Teile kurzzeitig in eine wässrige Lösung aus Eisen oder einem anderen Metallsulfat getaucht werden. Durch das Eintauchen wird ein leichter Oxidfilm gebildet, der in einem sauren Beizbad oder durch elektrolytische Mittel leicht entfernbar ist.

[0021] Vor dem Hintergrund des Standes der Technik bestand die Aufgabe der Erfindung darin, Beschichtungsmittel zu nennen, die bei minimiertem Schmierstoffbedarf einerseits optimierte tribologische Bedingungen bei der Umformung von Stahlflachprodukten ermöglichen und andererseits im Hinblick auf ihre Wirkung auf die Umwelt unbedenklich sind.

[0022] Ebenso sollte ein Verfahren angegeben werden, mit dem sich mit hoher Effektivität und minimierter Umweltbelastung durch Kaltumformen Bauteile aus Stahlflachprodukten herstellen lassen.

[0023] In Bezug auf das Beschichtungsmittel ist diese Aufgabe durch die in Anspruch 1 angegebene Verwendung einer wässrigen Lösung gelöst worden, die ein Sulfat, ausgewählt aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat" enthält, als Beschichtungsmittel zur Verbesserung des tribologischen Verhaltens eines Stahlflachprodukts beim Umformen in einer Umformmaschine gelöst worden.

[0024] Die erfindungsgemäße Lösung der voranstehend in Bezug auf das Verfahren genannten Aufgabe besteht darin, dass bei der Herstellung eines Stahlbauteils die in Anspruch 4 angegebenen Arbeitsschritte absolviert werden.

[0025] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert.

[0026] Unter den Begriff "Stahlflachprodukt" fallen nach dem Verständnis der Erfindung alle Walzprodukte, deren Länge sehr viel größer ist als ihre Dicke. Hierzu zählen Stahlbänder und -bleche sowie daraus gewonnene Zuschnitte und Platinen.

[0027] Insbesondere fallen unter die erfindungsgemäß kaltumzuformenden Stahlflachprodukte so genannte Feinbleche, d. h. Bleche mit einer Stärke von kleiner 4 mm, insbesondere 0,4 - 3,5 mm, typischerweise 0,5 - 3 mm, die im kalt- oder warmgewalzten Zustand zu einem Bauteil umgeformt werden können. Eine Übersicht über typischerweise als Feinbleiche für die Kaltumformung vorgesehene Stahlflachprodukte der in Rede stehenden Art geben die DIN EN 10130 (unbeschichtete Feinbleche) und die DIN EN 10346 (mit einer Korrosionsschutzbeschichtung versehene Feinbleche). Beispielhaft zu nennen sind hier die weichen Stähle zum Umformen mit den Werkstoffnummern 1.0226, 1.0350, 1.0355, 1.0306, 1.0322, 1.0853.

[0028] Überraschend hat sich gezeigt, dass die in einer erfindungsgemäß als Beschichtungsmittel für Stahlflachprodukte vorgesehene wässrige Lösung enthaltenen Sulfate zu einer deutlichen Verbesserung der tribologischen Bedingungen beim Umformen von Stahlflachprodukten führen. So lassen sich mit den in der erfindungsgemäß zur Verwendung als Beschichtungsmittel ausgewählten wässrigen Lösung enthaltenen Sulfaten Schmiereigenschaften erzielen, die den Eigenschaften gleichkommen, welche mit konventionellen Schmierstoffen der eingangs vorgestellten Art erreicht werden. Diese Wirkung ist grundsätzlich unabhängig davon, ob die Umformung als Kalt- oder Warmumformung durchgeführt wird. Besonders wirksam erweisen sich die erfindungsgemäß als Beschichtungsmittel verwendeten Sulfate bei der Kaltumformung von Stahlflachprodukten.

[0029] Dabei zeichnen sich die in einer erfindungsgemäß verwendeten wässrigen Lösung erfindungsgemäß als Beschichtungswerkstoff zur Verbesserung der Reibungsbedingungen beim Umformen enthaltenen Sulfate durch eine gute Umweltverträglichkeit aus und können auf einfache Weise auf das jeweilige Stahlflachprodukt appliziert werden.

[0030] Aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit lassen sich die erfindungsgemäß verwendeten Sulfate nach der Verformung ebenso leicht wieder von den jeweils nach dem Umformvorgang erhaltenen Stahlbauteilen entfernen. Dabei stören auf dem Stahlbauteil verbleibende Beschichtungsreste die bei der Weiterverarbeitung von Stahlbauteilen üblicherweise nach der Umformung durchlaufenen Prozesse allenfalls unwesentlich.

[0031] Als Sulfate, die in einer erfindungsgemäß verwendeten wässrigen Lösung enthalten und für den praktischen Einsatz besonders geeignet sind, konkret zu nennen sind die Sulfate aus der Gruppe "Aluminium-III-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-II-Sulfat, Eisen-III-Sulfat, Magnesium-Sulfat".

[0032] Im Ergebnis steht mit der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verwendung einer Sulfate aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat" enthaltenden wässrigen Lösung ein Beschichtungsmittel mit optimalen Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften zur Verfügung, das problemlos in ausreichender Menge und geringen Kosten bereitgestellt werden kann.

[0033] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines Stahlbauteils durch Umformen eines Stahlflachprodukts in einer Umformmaschine umfasst demgemäß folgende Arbeitsschritte:

- Bereitstellen des Stahlflachprodukts;
- Erzeugen einer tribologisch wirksamen Schicht auf mindestens einer der sich bei der Umformung berührenden Flächen des Stahlflachprodukts oder der zum Umformen eingesetzten Umformmaschine durch Beschichten mit einem Beschichtungsmittel, das als wässrige Lösung aufgetragen wird, die aus zwei Komponenten besteht, von denen die eine Komponente Wasser als Lösungsmittel und die andere Komponente ein Sulfat aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat" ist;
- Einlegen des Stahlflachprodukts in das Umformwerkzeug;
- Umformen des in die Umformmaschine eingelegten Stahlflachprodukts zu dem Bauteil.

[0034] Aufgrund ihrer einfachen Applizierbarkeit eignen sich die in einem erfindungsgemäß als wässrige Lösung aufgetragenen Beschichtungsmittel bei einem Verfahren der erfindungsgemäßen Art vorgesehenen Sulfate für eine Beschichtung der Flächen des jeweiligen Werkzeugs, mit denen das umzuformende Stahlflachprodukt bei der Umformung in Kontakt kommt. So werden die erfindungsgemäß verwendeten Sulfate als wässrige Lösung auf die jeweils kritischen Flächen des Umformwerkzeugs gespritzt, gepinselt oder in anderer in der Praxis für diese Zwecke bereits bekannten Weise aufgetragen.

[0035] Als besonders vorteilhaft bei der großtechnischen Anwendung der Erfindung erweist es sich, wenn das jeweilige Stahlflachprodukt im Zuge seiner Erzeugung mit dem Beschichtungsmittel beschichtet wird. Hier wirken sich die einfache Applizierbarkeit und die gute Anhaftung der erfindungsgemäß verwendeten Sulfate an der zu beschichtenden Oberfläche des Stahlflachprodukts besonders positiv aus. Auch auf das jeweils umzuformende Stahlflachprodukt können die erfindungsgemäß zur Verwendung als Schmiermittel vorgeschlagenen Sulfate mit herkömmlichen Beschichtungsanlagen aufgebracht werden, wie sie üblicherweise zum Applizieren von organischen oder anorganischen Schichten auf Stahlflachprodukte der hier in Rede stehenden Art zur Verfügung stehen. So kann das jeweilige Sulfat als Beschichtungsmittel durch Tauchen, Spritzen, Coaten oder Einpinseln auf das Stahlflachprodukt aufgetragen werden.

[0036] Der Auftrag der erfindungsgemäß als wässrige Lösung vorliegenden Beschichtungsmittel zur Verbesserung des Reibungszustands beim Verformen von Stahlflachprodukten enthaltenen Sulfate wird dadurch besonders einfach, dass diese Sulfate die jeweils zu beschichtende Fläche gut benetzen und dementsprechend gleichmäßige Schichten ausbilden, ohne dass es dazu besonderer Vorkehrungen bedarf. Insbesondere ist es nicht erforderlich, die jeweilige wässrige Lösung besonders zu temperieren. Vielmehr kann der Auftrag der das erfindungsgemäß zur Verwendung vorgesehenen Sulfat enthaltenden wässrigen Lösung bei Raumtemperatur erfolgen.

[0037] Indem das erfindungsgemäß als wässrige Lösung vorliegende Beschichtungsmittel als wässrige Lösung appliziert wird, ist der Auftrag der in dem Beschichtungsmittel enthaltenen Sulfate besonders einfach. Nach einem anschließenden Trocknungsvorgang liegt eine dichte, gleichmäßig verteilte dünne Sulfatschicht auf dem jeweiligen Stahlflachprodukt, welche ein optimales Verformungsverhalten während eines Umformvorgangs, insbesondere eines Kaltumformvorgangs, sicherstellt.

[0038] Hierbei zeigt sich, dass es keiner Additive, wie sie im Stand der Technik beispielsweise zur Einstellung eines bestimmten pH-Wertes benötigt werden, bedarf, um beim jeweiligen Beschichtungsvorgang eine gute Bedeckung der jeweils zu beschichtenden Fläche mit dem erfindungsgemäß verwendeten Beschichtungsmittel zu gewährleisten. So hat es sich als ausreichend erwiesen, wenn die wässrige Lösung aus zwei Komponenten besteht, von denen die eine

Komponente Wasser als Lösungsmittel und die andere Komponente das jeweilige Sulfat als tribologisch wirksamer Bestandteil ist. Wird als Lösungsmittel dabei destilliertes Wasser verwendet, so hat dies den Vorteil, dass es zu keiner Störung der Funktion der Beschichtung durch Fremdionen kommen kann.

[0039] Eine für die erfindungsgemäßen Zwecke ausreichend dicke und dichte tribologisch wirksame Beschichtung auf der jeweils zu beschichtenden Fläche von Stahlflachprodukten oder Umformwerkzeugen ergibt sich, wenn der Gehalt des tribologisch wirksamen Sulfat-Bestandteils in der wässrigen Lösung 0,2 - 1 mol/l (bezogen auf die SO_4^{2-} Ionenkonzentration) beträgt, wobei sich gut wirksame Beschichtungen in der Praxis betriebssicher dann ergeben, wenn der Gehalt des erfindungsgemäß vorgesehenen Sulfat-Bestandteils an der wässrigen Lösung 0,4 - 0,7 mol/l (bezogen auf die SO_4^{2-} Ionenkonzentration) beträgt.

[0040] Es können auch Mischungen der erfindungsgemäß als Beschichtungsmittel vorgesehenen Sulfate in erfindungsgemäßer Weise auf das Stahlflachprodukt aufgebracht werden.

[0041] Um unter den betrieblichen Bedingungen eine sichere Wirkung des zur erfindungsgemäßen Verwendung vorgesehenen Sulfat-Beschichtungsmittels zu gewährleisten, kann die aus dem jeweiligen Beschichtungsmittel auf dem Stahlflachprodukt oder der zu beschichtenden Fläche des Umformwerkzeugs gebildete Schicht mit einem Belegungsgewicht von 5 - 50 mg/m^2 aufgebracht werden. Optimale Wirkungen stellen sich dabei dann ein, wenn das Belegungsgewicht bei 10 - 30 mg/m^2 liegt.

[0042] Um eine optimale Haftung des erfindungsgemäß zur Verwendung vorgesehenen Beschichtungsmittels auf der jeweiligen Oberfläche zu sichern, kann die betreffende Oberfläche vor dem Auftrag des Beschichtungsmittels alkalisch gereinigt werden.

[0043] Durch den Auftrag der erfindungsgemäß zur Verbesserung der tribologischen Eigenschaften vorgesehenen Sulfate wird der Reibungskoeffizient der jeweils beschichteten Fläche deutlich verbessert. So wird durch eine aus den erfindungsgemäß zur Verwendung vorgesehenen Sulfaten gebildete Schicht der Reibungskoeffizient der jeweils beschichteten Fläche regelmäßig auf $\leq 0{,}15$ verringert.

[0044] Dieser Erfolg stellt sich speziell dann ein, wenn das Stahlflachprodukt zum Schutz vor Korrosion, insbesondere durch Schmelztauchbeschichten, mit einer Schutzbeschichtung auf Basis von Zink beschichtet ist. Die Zn-basierte Beschichtung kann dabei in konventioneller Weise als reine Zinkschicht, als Zinklegierungsschicht mit Gehalten an Mg, Al oder Si beispielsweise elektrolytisch oder durch Schmelztauchbeschichten auf das jeweilige Stahlsubstrat aufgebracht sein. Auch ist es möglich, Stahlflachprodukte mit Al-basierten Überzügen in erfindungsgemäßer Weise zu beschichten, um ihr Umformverhalten bei einer Kalt- oder Warmumformung zu verbessern.

[0045] Ohne dass dazu die Nachteile der konventionellen Mittel, wie potenziell umweltschädigende Bestandteile, komplexe Verfahren zum Auftrag und desgleichen in Kauf genommen werden müssen, erreichen Beschichtungen, die durch die erfindungsgemäß ausgewählten Beschichtungsmittel gebildet sind, somit Reibungseigenschaften, die sicher den Reibungseigenschaften von Beschichtungen entsprechen, die aus konventionellen, zur Verbesserung der tribologischen Eigenschaften üblicherweise verwendeten Mitteln bestehen.

[0046] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm, in dem die Entwicklung des Reibungskoeffizienten der Oberfläche eines mit einer Ammonium-Sulfat-Schicht beschichteten verzinkten Feinblechs während des Streifenziehversuchs über die jeweilige Flächenpressung aufgetragen ist;

Fig. 2 ein Diagramm, in dem die Entwicklung des Reibungskoeffizienten der Oberfläche eines unbehandelten verzinkten Feinblechs während des Streifenziehversuchs über die jeweilige Flächenpressung aufgetragen ist;

Fig. 3 ein Diagramm, in dem die Entwicklung des Reibungskoeffizienten der Oberfläche eines mit einer Eisen-II-Sulfat-Schicht beschichteten verzinkten Feinblechs während des Streifenziehversuchs über die jeweilige Flächenpressung aufgetragen ist

Fig. 4 ein Diagramm, in dem die Entwicklung des Reibungskoeffizienten der Oberfläche eines mit einer Aluminium-Sulfat-Schicht beschichteten verzinkten Feinblechs während des Streifenziehversuchs über die jeweilige Flächenpressung aufgetragen ist.

[0047] Die in den Figuren wiedergegebenen Verläufe der Reibungskoeffizienten sind im Streifenziehversuch ermittelt worden, der beispielsweise im Abschnitt 2.8.7.4 von Band 4 der 5. Auflage des Kompendiums "Fertigungsverfahren 4" von Fritz Klocke und Wilfried König, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006 (ISBN-13 978-3-540-23650-4) erläutert ist.

Versuch 1

[0048] Auf ein in Form eines mit einem Zn-Überzug versehenen Feinblech-Bands vorliegendes konventionelles Stahl-

flachprodukt ist eine tribologisch wirksame Ammonium-Sulfat-Schicht aufgetragen worden.

[0049] Hierzu ist eine wässrige Lösung erstellt worden, bei der 90 g Ammonium-Sulfat ($(NH_4)_2SO_4$) in 1 l Wasser (dest.) gelöst worden ist, so dass der Ammonium-Sulfat-Gehalt der wässrigen Lösung bei 90 g/l lag. Der native pH-Wert der erhaltenen Lösung betrug 5,3.

[0050] Die so beschaffene wässrige Lösung ist mittels eines in der Industrie gebräuchlichen so genannten "Chemcoaters" bei Raumtemperatur auf das zuvor alkalisch gereinigte Stahlflachprodukt Feinblech aufgebracht worden.

[0051] Ein "Chemcoater" ist ein Anlagenteil, das in der Stahlindustrie zum Auftragen von chemischen, als wässrige Lösung zu applizierende Substanzen auf verzinktem Qualitätsflachstahl verwendet wird. Insbesondere werden solche Coater zum Auftrag von wasserlöslichen Medien verwendet, die der Vorbehandlung des jeweiligen Stahlflachprodukts für eine nachfolgende Lack- oder Folienbeschichtung oder zur Verbesserung des Korrosionsschutzes dienen. Dabei können verschiedene Behandlungschemikalien über Walzen auf das jeweils zu beschichtende Stahlflachprodukt aufgetragen werden.

[0052] Anschließend durchläuft das mit der Beschichtung belegte Stahlflachprodukt einen Ofen, in dem die Beschichtung getrocknet wird.

[0053] Die beim Auftrag der Ammonium-Sulfat-Lösung eingestellten Parameter sind in Tabelle 1 angegeben.

[0054] Um die für das Verhalten bei einer Kaltumformung (Tiefziehen) im Kaltumformwerkzeug (Stempel/Matrize) einer Kaltumformmaschine entscheidende Entwicklung des Reibungskoeffizienten über die Flächenpressung zu ermitteln, sind Proben des so erhaltenen, mit der Ammonium-Sulfat-Schicht belegten und zusätzlich mit einem konventionellen Öl, bei dem es sich um ein konventionelles, unter der Bezeichnung PL 3802-39S angebotenes bariumfreies, thixotropes Korrosionsschutzmittel mit guten Umformeigenschaften handelte, mit einem Auflagengewicht von 1,5 g/m^2 beölten Stahlflachprodukts einem Streifenziehtest unterzogen worden. Bei diesem Test sind die Proben bei Raumtemperatur zwischen zwei unbeschichteten, aus dem Stahl mit der Werkstoffnummer 1.2379 bestehenden Bremsbacken angeordnet worden, die mit einer Flächenpressung von bis zu 100 MPa gegen die Proben gewirkt haben. Die Messstrecke betrug 500 mm/min bei einer Prüfgeschwindigkeit von 60 mm/min. Die Kontaktfläche zwischen Werkzeug und Probenoberfläche betrug 600 m^2. Das Ergebnis dieses Tests ist in Fig. 1 wiedergegeben.

[0055] Zum Vergleich ist eine unbehandelte Probe desselben Stahlflachprodukts ebenfalls einem Streifenziehtest unter denselben Bedingungen wie die zuvor untersuchte Probe unterzogen worden. Der dabei ermittelte Verlauf des Reibungskoeffizienten über die Flächenpressung ist in Fig. 2 angegeben. Der dort wiedergegebene Verlauf zeigt, dass die Substratoberfläche der unbehandelten Probe schon sehr früh den so genannten "Slip-Stick-Effekt" zeigt. Die in Fig. 2 gezeigte Kurve bricht ab, weil der Versuch abgebrochen worden ist, um eine Beschädigung des Werkzeugs zu vermeiden. Bei dem Slip-Stick-Effekt handelt es sich um das Phänomen der Haftgleitung. Diese tritt auf, wenn die Haftreibung größer ist als die Gleitreibung. Dabei üben gedämpft gekoppelte Oberflächenteile eine sehr schnelle Abfolge von Haften, Verspannen, Trennen und Abgleiten aus. Der Effekt verschwindet, sobald die Reibpartner durch einen Schmierstoff getrennt werden. Die jeweils erfindungsgemäß ausgewählten Sulfate erweisen sich, wie der Vergleich der Fig. 2 mit Fig. 1 oder den nachfolgend erläuterten Figuren 3 und 4 belegt, hier als besonders wirksam.

Versuch 2

[0056] Auf ein ebenfalls in Form eines mit einem Zn-Überzug versehenen Feinblech-Bands vorliegendes konventionelles Stahlflachprodukt ist eine tribologisch wirksame Eisen-II-Sulfat-Schicht aufgetragen worden.

[0057] Hierzu ist 189 g Eisen-II-Sulfat ($FeSO_4$) in 1 l vollentmineralisiertem Wasser gelöst worden, so dass der Eisen-Sulfat-Gehalt der wässrigen Lösung bei 189 g/l lag. Der native pH-Wert der erhaltenen Lösung betrug 2,2.

[0058] Die wässrige Lösung ist wie beim Versuch 1 bei Raumtemperatur mittels des oben bereits beschriebenen Coaters auf das zuvor alkalisch gereinigte Stahlflachprodukt aufgebracht worden. Die Applikationsparameter sind ebenfalls in Tabelle 1 angegeben.

[0059] Proben des so erhaltenen, mit der Eisen-II-Sulfat-Schicht belegten Stahlflachprodukts sind ebenfalls einem Streifenziehtest unter den voranstehend bereits erläuterten Bedingungen unterzogen worden. Das Ergebnis dieses Tests ist in Fig. 3 wiedergegeben. Es zeigt sich, dass die Eisen-II-Sulfat-Schicht genauso wie die im Versuch 1 untersuchte Ammonium-Sulfat-Schicht bei höheren Flächenpressungen sicher Reibkoeffizienten von weniger als 0,15 erreichen.

Versuch 3

[0060] Auf ein ebenfalls in Form eines mit einem Zn-Überzug versehenen Feinblech-Bands vorliegendes konventionelles Stahlflachprodukt ist eine tribologisch wirksame Aluminium-Sulfat-Schicht aufgetragen worden.

[0061] Hierzu ist 240 g Aluminium-Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) in 1 l destilliertem Wasser gelöst worden, so dass der Aluminium-Sulfat-Gehalt der wässrigen Lösung bei 240 g/l lag. Der native pH-Wert der erhaltenen Lösung betrug 2,1.

[0062] Die wässrige Lösung ist auch in diesem Fall bei Raumtemperatur mittels des oben bereits beschriebenen Coaters auf das zuvor alkalisch gereinigte Stahlflachprodukt aufgebracht worden. Die Applikationsparameter sind eben-

falls in Tabelle 1 angegeben. Dabei bezeichnet die Angabe "Einstellung Tauch- und Auftragswalze" das Maß, um das der zwischen der Tauch- und Auftragswalze vorhandene Abquetschspalt kleiner ist als die Dicke des verarbeiteten Stahlflachprodukts. Mit "PMT" ist gleichzeitig die so genannte "Peak Metal Temperatur" bezeichnet.

[0063] Proben des so erhaltenen, mit der Aluminium-Sulfat-Schicht belegten Stahlflachprodukts sind wiederum einem Streifenziehtest unterzogen worden. Das Ergebnis dieses Tests ist in Fig. 4 wiedergegeben. Es bestätigte sich auch hier, dass die Aluminium-Sulfat-Schicht genauso wie die im Versuch 1 untersuchte Ammonium-Sulfat-Schicht und die im Versuch 2 untersuchte Eisen-II-Schicht bei höheren Flächenpressungen sicher Reibkoeffizienten von weniger als 0,15 erreichen.

[0064] Die tribologisch wirksamen Schichten, die aus den erfindungsgemäß zur Verwendung vorgeschlagenen Sulfaten bestehen, erreichen somit denselben Effekt wie die konventionellen beispielsweise aus $ZnSO_4$bestehenden Beschichtungen.

Tabelle 1

Versuch	Betriebsweise des Coaters	Umfangsgeschwindigkeiten			Einstellung Tauch- und Auftragswalze	Dicke des Stahlflachprodukts	Spaltweite zwischen Tauch- und Auftragswalze	Auflagengewicht	Trocknunasofen		PMT
		Auftragswalze	Tauchwalze	Transportwalze					Temperatur	Verweilzeit	
		[m/min]	[m/min]	[m/min]	[µm]	[mm]	[µm]	[mg/m²]	[°C]	[s]	[°C]
1	Reverse	30	10	25	-400	1	0,9	30	100	100	71
2	Reverse	25	10	23	-500	1	0,9	30	100	100	71
3	Mitläufia	30	10	40	-400	1	0,9	30	100	35	71

Patentansprüche

1. Verwendung einer wässrigen Lösung, die aus zwei Komponenten besteht, von denen die eine Komponente Wasser als Lösungsmittel und die andere Komponente ein Sulfat, ausgewählt aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat", ist, als Beschichtungsmittel zur Verbesserung des tribologischen Verhaltens eines Stahlflachprodukts beim Umformen in einer Umformmaschine.

2. Verwendung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sulfat ausgewählt ist aus der Gruppe "Aluminium-III-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-II-Sulfat, Eisen-III-Sulfat, Magnesium-Sulfat".

3. Verwendung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus dem Beschichtungsmittel erzeugte Schicht wasserlöslich ist.

4. Verfahren zum Herstellen eines Stahlbauteils durch Umformen eines Stahlflachprodukts in einer Umformmaschine umfassend folgende Arbeitsschritte:

   - Bereitstellen des Stahlflachprodukts,
   - Erzeugen einer tribologisch wirksamen Schicht auf mindestens einer der sich bei der Umformung berührenden Flächen des Stahlflachprodukts oder der zum Umformen eingesetzten Umformmaschine durch Beschichten mit einem Beschichtungsmittel, das als wässrige Lösung aufgetragen wird, die aus zwei Komponenten besteht, von denen die eine Komponente Wasser als Lösungsmittel und die andere Komponente ein Sulfat aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat" ist;
   - Einlegen des Stahlflachprodukts in das Umformwerkzeug;
   - Umformen des in die Umformmaschine eingelegten Stahlflachprodukts zu dem Bauteil.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sulfat ausgewählt ist aus der Gruppe "Aluminium-III-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-II-Sulfat, Eisen-III-Sulfat, Magnesium-Sulfat".

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umformung als Kaltumformung ausgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die tribologisch wirksame Schicht auf dem Stahlflachprodukt erzeugt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lösungsmittel destilliertes Wasser ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt des tribologisch wirksamen Bestandteils in der wässrigen Lösung 0,2 - 1 mol/l (bezogen auf die SO_4^{2-}-Ionenkonzentration) beträgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus dem jeweiligen Beschichtungsmittel auf dem Stahlflachprodukt oder der zu beschichtenden Fläche des Umformwerkzeugs gebildete Schicht mit einem Belegungsgewicht von 5 - 50 mg/m^2 aufgebracht wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurchgekennzeichnet, dass der Reibungskoeffizient des Stahlflachprodukts nach dem Beschichten mit der tribologisch wirksamen Schicht maximal 0,15 beträgt, wobei der Reibungskoeffizient gemäß der in der Beschreibung offenbarten Methode bestimmt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlflachprodukt mit einer Korrosionsschutzschicht beschichtet ist und dass die tribologisch wirksame Schicht auf die Korrosionsschutzschicht aufgetragen wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 12,

dadurch gekennzeichnet, dass die tribologisch wirksame Schicht bei Raumtemperatur aufgetragen wird.

Claims

1. Use of an aqueous solution consisting of two components, of which one component is water as a solvent and the other component is a sulphate selected from the group "aluminium sulphate, ammonium sulphate, iron sulphate, magnesium sulphate", as a coating agent for improving the tribological behaviour of a flat steel product during forming in a forming machine.

2. Use according to Claim 1, **characterised in that** the sulphate is selected from the group "aluminium(III) sulphate, ammonium sulphate, iron(II) sulphate, iron(III) sulphate, magnesium sulphate".

3. Use according to one of the preceding claims,
characterised in that the layer created by the coating agent is soluble in water.

4. Method for producing a steel component by forming a flat steel product in a forming machine, comprising the following operational steps:

   - Providing the flat steel product,
   - Generating a tribologically active layer on at least one of the surfaces of the flat steel product or the forming machine used for forming which are in contact during the forming process by coating with a coating agent that is applied as an aqueous solution consisting of two components, of which one component is water as solvent and the other component is a sulphate from the group "aluminium sulphate, ammonium sulphate, iron sulphate, magnesium sulphate";
   - Inserting the flat steel product into the forming tool;
   - Forming the flat steel product inserted into the forming machine into the component.

5. Method according to Claim 4,
characterised in that the sulphate is selected from the group "aluminium(III) sulphate, ammonium sulphate, iron(II) sulphate, iron(III) sulphate, magnesium sulphate".

6. Method according to one of claims 4 or 5,
characterised in that the cold forming process is implemented for forming.

7. Method according to one of claims 4 to 6,
characterised in that the tribologically active layer is generated on the flat steel product.

8. Method according to one of claims 4 to 7,
characterised in that the solvent used is distilled water.

9. Method according to one of claims 4 to 8,
characterised in that the content of the tribologically active component in the aqueous solution is 0.2-1 mol/l (based on the SO_4^{2-} ion concentration).

10. Method according to one of claims 4 to 9,
characterised in that the layer formed from the respective coating agent on the flat steel product or the surface of the forming tool to be coated is applied with an application weight of 5-50 mg/m^2.

11. Method according to one of claims 4 to 10,
characterised in that the maximum coefficient of friction of the flat steel product after coating with the tribologically active layer is 0.15, whereby the coefficient of friction is determined according to the method disclosed in the description.

12. Method according to one of claims 4 to 11,
characterised in that the flat steel product is coated with an anti-corrosion coating and that the tribologically active layer is applied on the anti-corrosion coating.

13. Method according to one of claims 4 to 12,
characterised in that the tribologically active layer is applied at room temperature.

Revendications

1. Utilisation d'une solution aqueuse, qui consiste en deux composants, l'un des composants étant de l'eau en tant que solvant, et l'autre composant un sulfate, choisi à partir du groupe « sulfate d'aluminium, sulfate d'ammonium, sulfate de fer, sulfate de magnésium », comme moyen de revêtement pour la valorisation du comportement tribologique d'un produit plat en acier, lors du formage dans une machine de formage.

2. Utilisation selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le sulfate est choisi à partir du groupe «sulfate d'aluminium III, sulfate d'ammonium, sulfate de fer II, sulfate de fer III, sulfate de magnésium».

3. Utilisation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la couche obtenue avec le moyen de revêtement est soluble à l'eau.

4. Procédé de fabrication d'un élément de construction en acier par formage d'un produit plat en acier dans une machine de formage, lequel comprend les étapes suivantes:

   - Mise à disposition du produit plat en acier
   - réalisation d'une couche active au niveau tribologique sur au moins l'une des surfaces du produit plat en acier, qui se touchent lors du formage, ou de la machine de formage utilisée, par revêtement avec un moyen de revêtement, qui est appliqué en tant que solution aqueuse, qui consiste en deux composants, l'un des composants étant de l'eau en tant que solvant, et l'autre composant étant un sulfate, choisi à partir du groupe « sulfate d'aluminium, sulfate d'ammonium, sulfate de fer, sulfate de magnésium »,
   - mise en place du produit plat en acier dans l'outil de formage,
   - formage du produit plat en acier déposé dans la machine de formage pour l'obtention d'un élément de construction.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le sulfate est choisi à partir du groupe « sulfate d'aluminium III, sulfate d'ammonium, sulfate de fer II, sulfate de fer III, sulfate de magnésium ».

6. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le formage est effectué en tant que formage à froid.

7. Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** la couche active au niveau tribologique est générée sur le produit plat en acier.

8. Procédé selon l'une des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** le solvant est de l'eau distillée.

9. Procédé selon l'une des revendications 4 à 8, **caractérisé en ce que** la teneur en composant actif au niveau tribologique de la solution aqueuse est de 0,2 mol/l (par rapport à la concentration en ions SO_4^{2}).

10. Procédé selon l'une des revendications 4 à 9, **caractérisé en ce que** la couche, formée par le moyen de revêtement respectif sur le produit plat en acier ou sur la surface de l'outil de formage à revêtir, est appliquée avec un poids de 5 à 50 mg / m^2.

11. Procédé selon l'une des revendications 4 à 10, **caractérisé en ce que** le coefficient de friction du produit plat en acier, après de revêtement avec la couche active au niveau tribologique, est de 0,15 au maximum, sachant que le coefficient de friction est déterminé selon la méthode révélée dans la description.

12. Procédé selon l'une des revendications 4 à 11, **caractérisé en ce que** le produit plat en acier est revêtu avec une couche de protection contre la corrosion et que la couche active au niveau tribologique est appliquée sur la couche de protection contre la corrosion.

13. Procédé selon l'une des revendications 4 à 12, **caractérisé en ce que** la couche active au niveau tribologique est appliquée à une température ambiante.

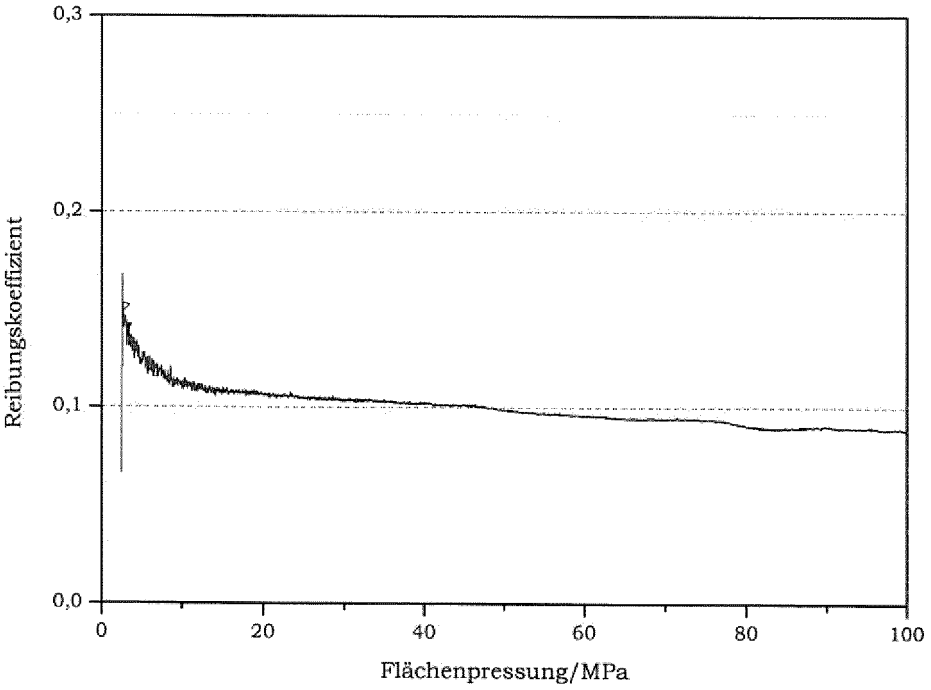

0,3
0,2
0,1
0,0
Reibungskoeffizient
0
20
40
60
80
100
Flächenpressung/MPa

Fig. 1

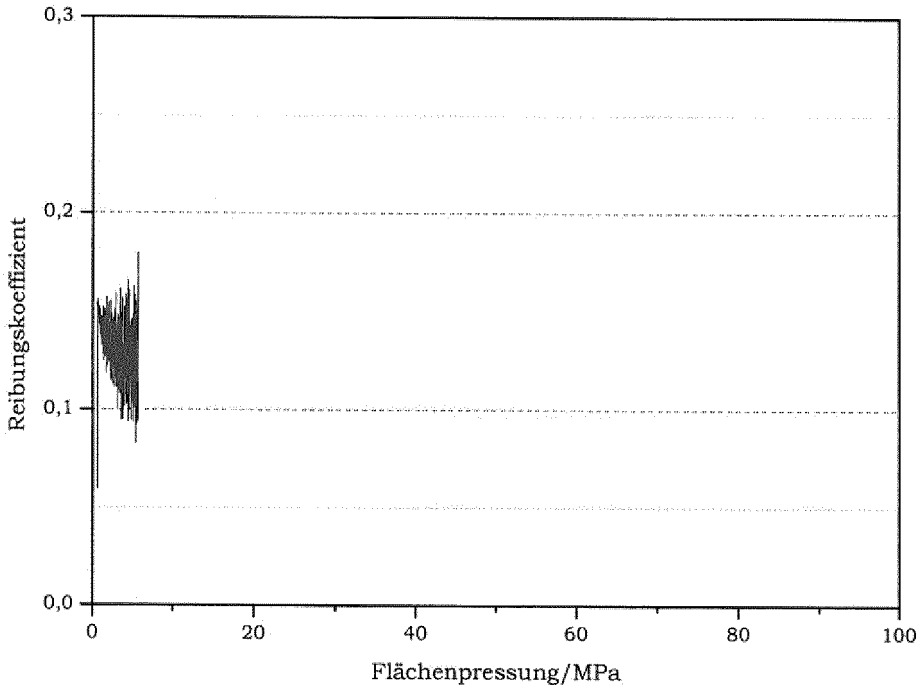

0,3
0,2
0,1
0,0
Reibungskoeffizient
0
20
40
60
80
100
Flächenpressung/MPa

FIG. 2

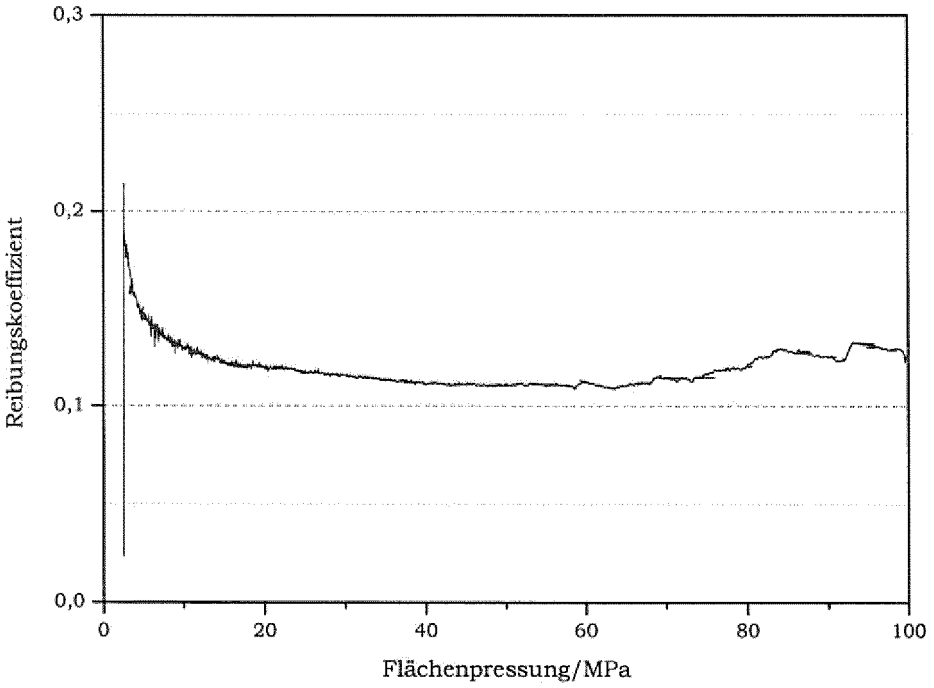

0,3
0,2
0,1
0,0
Reibungskoeffizient
0
20
40
60
80
100
Flächenpressung/MPa

FIG. 3

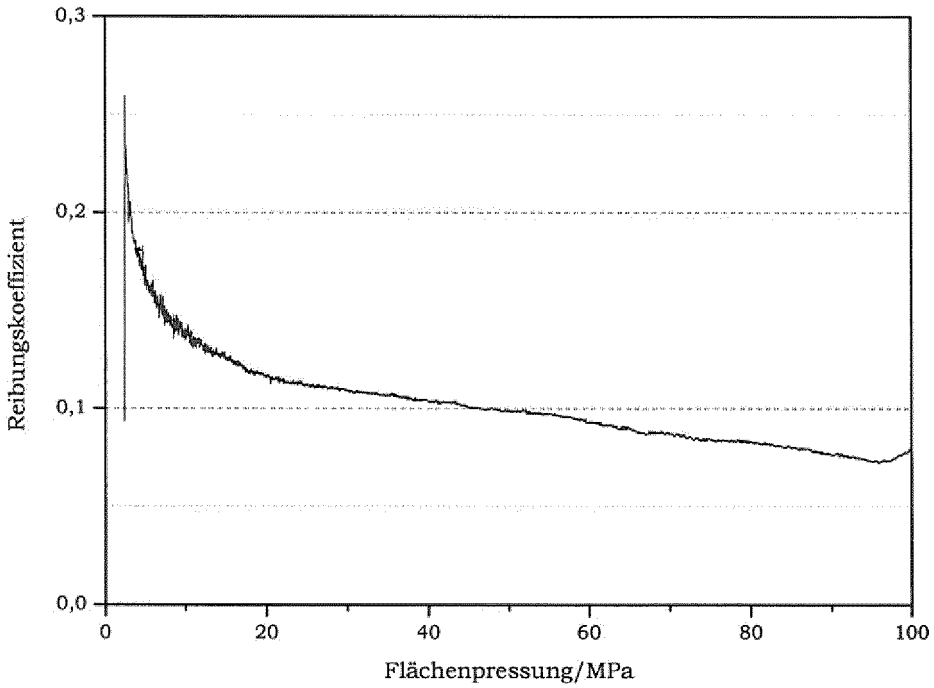

0,3
0,2
0,1
0,0
Reibungskoeffizient
0
20
40
60
80
100
Flächenpressung/MPa

FIG. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10115696 A1 **[0011]**
- DE 102008016348 A1 **[0012]**
- DE 10007625 A1 **[0013]**
- DE 69906555 T1 **[0014]**
- US 2004255818 A1 **[0015]**
- GB 739313 A **[0016]**
- US 4168241 A **[0017]**
- US 6194357 B1 **[0018]**
- SU 1204283 A **[0019]**
- GB 166949 A **[0020]**
- PL 380239S **[0054]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **FRITZ KLOCKE ; WILFRIED KÖNIG.** Umformen'' des Kompendiums ''Fertigungsverfahren. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006, vol. 4 **[0010]**
- 4. **FRITZ KLOCKE ; WILFRIED KÖNIG.** Kompendiums ''Fertigungsverfahren 4. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006 **[0047]**